

PCT

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

(article 18 et règles 43 et 44 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire PB 3901 PCT	POUR SUITE A DONNER voir la notification de transmission du rapport de recherche internationale (formulaire PCT/ISA/220) et, le cas échéant, le point 5 ci-après	
Demande internationale n° PCT/FR 01/ 02151	Date du dépôt international(jour/mois/année) 05/07/2001	(Date de priorité (la plus ancienne) (jour/mois/année) 06/07/2000
Déposant ALCATEL		

Le présent rapport de recherche internationale, établi par l'administration chargée de la recherche internationale, est transmis au déposant conformément à l'article 18. Une copie en est transmise au Bureau international.

Ce rapport de recherche internationale comprend 2 feuilles.

☒ Il est aussi accompagné d'une copie de chaque document relatif à l'état de la technique qui y est cité.

1. Base du rapport

- a. En ce qui concerne la **langue**, la recherche internationale a été effectuée sur la base de la demande internationale dans la langue dans laquelle elle a été déposée, sauf indication contraire donnée sous le même point.

☐ la recherche internationale a été effectuée sur la base d'une traduction de la demande internationale remise à l'administration.

- b. En ce qui concerne les **séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande internationale (le cas échéant), la recherche internationale a été effectuée sur la base du listage des séquences :

☐ contenu dans la demande internationale, sous forme écrite.

☐ déposée avec la demande internationale, sous forme déchiffrable par ordinateur.

☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme écrite.

☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme déchiffrable par ordinateur.

☐ La déclaration, selon laquelle le listage des séquences présenté par écrit et fourni ultérieurement ne vas pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée, a été fournie.

☐ La déclaration, selon laquelle les informations enregistrées sous forme déchiffrable par ordinateur sont identiques à celles du listage des séquences présenté par écrit, a été fournie.

2. ☐ Il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (voir le cadre I).

3. ☐ Il y a absence d'unité de l'invention (voir le cadre II).

4. En ce qui concerne le **titre**,

☒ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant.

☐ Le texte a été établi par l'administration et a la teneur suivante:

5. En ce qui concerne l'**abrégé**,

☒ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant

☐ le texte (reproduit dans le cadre III) a été établi par l'administration conformément à la règle 38.2b). Le déposant peut présenter des observations à l'administration dans un délai d'un mois à compter de la date d'expédition du présent rapport de recherche internationale.

6. La figure **des dessins** à publier avec l'abrégé est la Figure n°

☒ suggérée par le déposant.

☐ parce que le déposant n'a pas suggéré de figure.

☐ parce que cette figure caractérise mieux l'invention.

4

☐ Aucune des figures n'est à publier.

This Page Blank (uspto)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

tional Application No

PCT/FR 01/02151

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F16C33/32

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F16C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 197 29 450 A (FAG AIRCRAFT GMBH) 4 February 1999 (1999-02-04) the whole document	1-3,5,7, 8
X	FR 1 540 168 A (SOCIÉTÉ D'HORLOGERIE DE LANGENDORF) the whole document	1,2,6
A	EP 0 711 929 A (SKF ENG & RES CENTRE BV) 15 May 1996 (1996-05-15) column 2, line 33 -column 3, line 40; figure 1	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 November 2001

Date of mailing of the international search report

14/11/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hoffmann, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/JP99/02151

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19729450	A	04-02-1999	DE 19729450 A1	04-02-1999
			JP 11117942 A	27-04-1999
FR 1540168	A		NONE	
EP 0711929	A	15-05-1996	NL 9401873 A	03-06-1996
			DE 69518488 D1	28-09-2000
			DE 69518488 T2	19-04-2001
			EP 0711929 A1	15-05-1996
			JP 8210358 A	20-08-1996
			US 6149311 A	21-11-2000

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
10 janvier 2002 (10.01.2002)

PCT

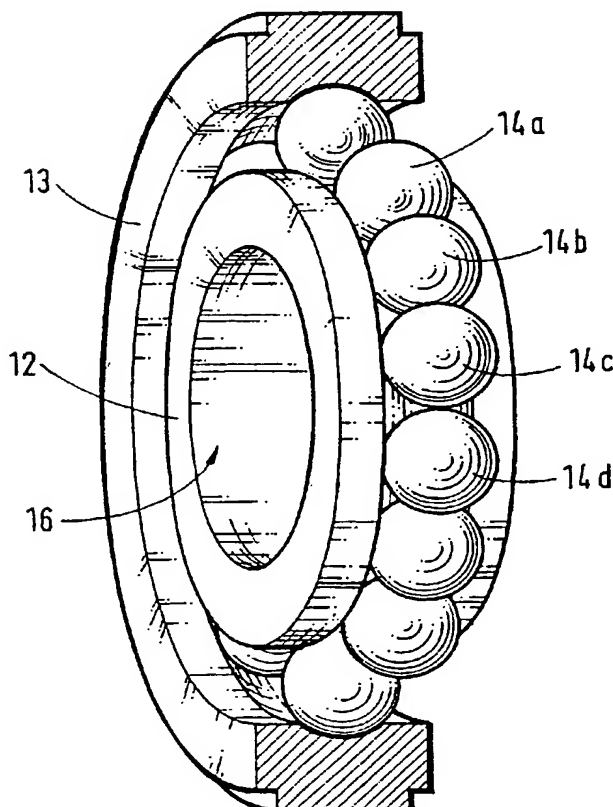
(10) Numéro de publication internationale
WO 02/02957 A1

- (51) Classification internationale des brevets⁷ : F16C 33/32
- (21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR01/02151
- (22) Date de dépôt international : 5 juillet 2001 (05.07.2001)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité : 00/08795 6 juillet 2000 (06.07.2000) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : ALCA-TEL [FR/FR]; 54, rue La Boétie, F-75008 Paris (FR).
- (72) Inventeur; et
- (75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : BOUILLE, André [FR/FR]; 12, rue Aimé Levet, F-74000 Annecy (FR).
- (74) Mandataire : PONCET, Jean-François; Cabinet Poncet, 7, chemin de Tillier, Boîte postale 317, F-74008 Annecy Cedex (FR).
- (81) États désignés (national) : JP, KR, US.
- (84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: HYBRID CONTACT ROLLER BEARINGS FOR VACUUM PUMP

(54) Titre : ROULEMENTS HYBRIDES D'ATTERRISSAGE POUR POMPE A VIDE



(57) Abstract: The invention concerns a contact roller bearing for a vacuum pump comprising a rotor roller bearing ring (12) a coaxial stator roller bearing ring (13) between which are provided rolling elements (14a, 14b, 14c, 14d) housed in succession and urged to roll on respective raceways of the rotor (12) and stator (13) roller bearing rings. The rolling elements comprise an alternating succession of rolling elements (14a, 14c) whereof the outer surface is made of steel and of rolling elements (14b, 14d) whereof the outer surface is made of ceramic, thereby reducing the resistance to acceleration of the contact roller bearing, which limits the friction and wear of the inner annular surface (16) of the contact roller and the corresponding bearing of the rotor.

(57) Abrégé : Selon l'invention, un roulement d'atterrissage pour pompe à vide comprend une bague de roulement de rotor (12) et une bague coaxiale de roulement de stator (13) entre lesquelles sont disposés des éléments roulants (14a, 14b, 14c, 14d) logés les uns à la suite des autres et venant rouler sur des pistes de roulement respectives des bagues de roulement de rotor (12) et de stator (13). Les éléments roulants (14a, 14c) dont la surface externe est en acier et d'éléments roulants (14b, 14d) dont la surface externe est en céramique. On réduit ainsi la résistance à l'accélération du roulement d'atterrissage, ce qui limite les frottements et l'usure de la face annulaire intérieure (16) du roulement d'atterrissage et de la portée correspondante du rotor.

WO 02/02957 A1

**Déclaration en vertu de la règle 4.17 :**

- relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv) pour US seulement

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

ROULEMENTS HYBRIDES D'ATTERRISSAGE POUR POMPE A VIDE

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

La présente invention concerne la suspension des rotors
5 des pompes à vide.

Dans les pompes à vide, un rotor mobile en rotation dans un stator est tenu par des paliers magnétiques qui, en fonctionnement normal, maintiennent en position radiale centrée le rotor dans le stator selon une précision de maintien normal centré,
10 sans contact mécanique entre le rotor et le stator. Les paliers magnétiques comportent des électroaimants alimentés en énergie électrique par des circuits appropriés assurant un asservissement de position radiale du rotor dans le stator.

L'efficacité du maintien radial du rotor dans le stator
15 est déterminée par la force des électroaimants, et le maintien nécessite l'alimentation suffisante des électroaimants en énergie électrique.

Il peut se produire parfois un défaut ou une insuffisance de fonctionnement normal des paliers magnétiques, par exemple lors
20 d'une contrainte subite et importante sur le rotor ou lors d'une interruption de l'alimentation électrique des électroaimants. Dans ce cas, les paliers magnétiques n'assurent plus la fonction de centrage du rotor, et il se produit une étape "d'atterrissage" dans laquelle le rotor passe d'un état de maintien sans contact
25 mécanique à un état de maintien par contact mécanique. Au cours de cet atterrissage, le rotor tend à venir en contact du stator. Par suite de la rotation très rapide du rotor, par exemple de l'ordre de 30 000 tours par minute, un tel contact peut provoquer la destruction de la pompe à vide.

Pour résoudre ce problème, on a déjà prévu d'équiper les
30 pompes à vide avec des paliers mécaniques secondaires d'atterrissage à roulement qui, à défaut de fonctionnement normal des paliers magnétiques, limitent les déplacements radiaux du rotor dans le stator en assurant un centrage approximatif du rotor et en
35 limitant les mouvements radiaux du rotor à une valeur inférieure à l'entrefer des paliers magnétiques.

Cependant, le nombre d'atterrissages possibles sans dégradation sensible des paliers mécaniques reste limité, ce qui réduit la fiabilité de la pompe à vide et augmente la fréquence des opérations de maintenance.

5 Il existe un besoin pour augmenter le nombre d'atterrissages possibles et la durée de fonctionnement des paliers mécaniques d'atterrissage à roulement.

La présente invention résulte de l'observation selon laquelle certains défauts de fiabilité des paliers mécaniques d'atterrissage à roulement résultent de la résistance à l'accélération du roulement d'atterrissage. En effet, en fonctionnement normal des paliers magnétiques ayant des paliers mécaniques d'atterrissage montés sur le stator, les roulements des paliers mécaniques d'atterrissage sont à l'arrêt, solidaires du
10 stator ; lors de l'interruption de fonctionnement des paliers magnétiques, le rotor vient au contact des bagues intérieures encore immobiles des paliers mécaniques d'atterrissage, et entraîne en rotation les bagues intérieures des roulements et les éléments roulants situés entre les bagues intérieures et les bagues
15 extérieures ; par l'effet de la résistance à l'accélération du roulement d'atterrissage, la vitesse de rotation des bagues intérieures n'augmente que progressivement, de sorte qu'un glissement se produit entre le rotor et les bagues intérieures des paliers mécaniques d'atterrissage. Il en résulte inévitablement une
20 usure des surfaces respectives en contact du rotor et des bagues intérieures des paliers mécaniques d'atterrissage, ce qui progressivement augmente les jeux et réduit l'efficacité du dispositif ; en outre, les frottements entre les différentes pièces provoquent l'apparition possible de copeaux ou de limaille qui
25 risquent de bloquer les éléments roulants du palier mécanique.

Les phénomènes d'usure et leurs conséquences sont d'autant plus accentués lorsque les bagues intérieures des paliers mécaniques d'atterrissage subissent des phénomènes s'opposant à leur accélération rapide en rotation pour atteindre le plus tôt
35 possible la vitesse de rotation du rotor.

A cet égard, une première cause de résistance à l'accélération du roulement d'atterrissage est son inertie. Des

tentatives ont été faites pour réduire l'inertie des roulements d'atterrissage, en utilisant des éléments roulants ayant une plus faible masse. C'est ainsi qu'on a imaginé de remplacer les éléments roulants traditionnels tels que des billes en acier inoxydable par des billes en céramique, de densité très inférieure à l'acier. Dans ce cas, tous les éléments roulants sont des billes en céramique. Il en résulte un coût de production très supérieur, car les billes en céramique sont beaucoup plus onéreuses que les billes en acier. On constate une légère amélioration de la longévité des paliers d'atterrissage, par réduction des phénomènes d'usure se produisant entre le rotor et les bagues de roulement de rotor. Mais cette amélioration reste insuffisante, d'autant qu'elle entraîne un surcoût important. Et cette solution à billes en céramique présente l'autre inconvénient de réduire sensiblement la conductibilité thermique entre le stator et le rotor, et de réduire en conséquence la capacité de refroidissement du rotor.

Une seconde cause de résistance à l'accélération du roulement d'atterrissage semble être le frottement se produisant entre les éléments roulants consécutifs eux-mêmes, frottement qui paraît être accentué par les accélérations très élevées subies par le roulement d'atterrissage lors d'un atterrissage. L'invention met à profit cette analyse en proposant une solution permettant de réduire très sensiblement ces frottements.

EXPOSE DE L'INVENTION

Ainsi, le problème proposé par la présente invention est de concevoir une nouvelle structure de palier mécanique d'atterrissage à roulement, qui présente une longévité accrue pour permettre un plus grand nombre d'atterrissages et une plus grande durée de fonctionnement sans défaut.

Pour cela, l'invention prévoit une structure particulière permettant de réduire au mieux la résistance à l'accélération du roulement d'atterrissage, et de réduire en particulier les forces de frottement se produisant entre les éléments mobiles du roulement d'atterrissage et susceptibles de résister à l'accélération du roulement d'atterrissage lors d'un atterrissage.

Selon un autre objet, l'invention a pour but de réduire le coût de production des roulements d'atterrissage de pompe à vide, en limitant l'usage de matières onéreuses.

5 Selon l'invention, ces effets doivent être obtenus sans recourir à des moyens de lubrification par des éléments liquides susceptibles de polluer le vide créé par la pompe à vide.

Pour atteindre ces objets ainsi que d'autres, l'invention prévoit une structure de roulement d'atterrissage pour pompe à vide comprenant :

- 10 - une bague de roulement de rotor et une bague coaxiale de roulement de stator qui définissent entre elles un logement de roulement,
- des éléments roulants logés les uns à la suite des autres dans le logement de roulement et venant rouler sur des pistes de roulement
- 15 respectives des bagues de roulement de rotor et de stator ;
- les éléments roulants comprennent une succession alternée d'éléments roulants dont la surface externe est en acier et d'éléments roulants dont la surface externe est en céramique.

20 Selon un mode de réalisation simplifié, les éléments roulants sont des billes sphériques.

De préférence, les éléments roulants en acier sont constitués d'acier inoxydable, tandis que les éléments roulants en céramique sont constitués de nitrure de silicium.

Les pistes de roulement peuvent être en acier inoxydable.

25 Les éléments roulants peuvent avoir tous le même diamètre lorsque le roulement est dans les conditions de températures normales de fonctionnement. Les températures habituelles de fonctionnement sont de l'ordre de 60°C à 90°C. Pour cela, on prévoit que les éléments roulants en céramique ont, à température

30 ambiante, un diamètre légèrement supérieur au diamètre des éléments roulants en acier, pour compenser les différences de coefficient de dilatation thermique de la céramique et de l'acier.

En alternative, les éléments roulants en céramique peuvent avoir un diamètre légèrement inférieur au diamètre des éléments

35 roulants en acier dans les conditions de température normales de fonctionnement. En pratique, on peut par exemple utiliser alors des éléments roulants qui ont le même diamètre à température ambiante.

Une pompe à vide selon l'invention comprend au moins un roulement d'atterrissage tel que défini ci-dessus.

Par exemple, une telle pompe à vide comprend un rotor mobile en rotation dans un stator, avec au moins un palier magnétique radial qui, en fonctionnement normal, maintient en position radiale centrée le rotor dans le stator, et avec au moins un palier mécanique d'atterrissage à roulement d'atterrissage qui, à défaut de fonctionnement normal des paliers magnétiques radiaux, limite les déplacements radiaux du rotor dans le stator en assurant un centrage approximatif du rotor, un jeu radial étant prévu entre l'une des bagues de roulement de rotor ou de stator et la surface d'appui correspondante du rotor ou du stator.

DESCRIPTION SOMMAIRE DES DESSINS

D'autres objets, caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description suivante de modes de réalisation particuliers, faite en relation avec les figures jointes, parmi lesquelles:

- la figure 1 est une vue générale en coupe longitudinale d'une pompe à vide dont le rotor est tenu par des paliers magnétiques et par des paliers mécaniques d'atterrissage associés ;
- la figure 2 est une vue de détail en coupe agrandie de la zone A de la figure 1, illustrant un demi-palier mécanique d'atterrissage à roulement selon un mode de réalisation de la présente invention ;
- la figure 3 est une vue de face agrandie d'un roulement d'atterrissage selon un mode de réalisation de l'invention ; et
- la figure 4 est une vue en perspective en coupe partielle du roulement d'atterrissage de la figure 3.

DESCRIPTION DES MODES DE REALISATION PREFERES

Dans le mode de réalisation de la figure 1, une pompe à vide comprend de façon générale un stator 1 ayant une entrée d'aspiration 2 axiale et une sortie de refoulement 3 radiale. Un rotor 4 est monté à rotation axiale dans le stator 1 selon l'axe longitudinal I-I. Le rotor 4 comprend un système d'aspiration illustré par les ailettes 5, et un arbre 6 tourillonnant dans des paliers du stator 1. On distingue, sur la figure, deux paliers magnétiques radiaux 7 et 8, et deux paliers mécaniques

d'atterrissage 9 et 10 à roulement d'atterrissage à action radiale. Pour mémoire, on distingue également un palier magnétique axial 11.

En fonctionnement normal, c'est-à-dire en l'absence d'une sollicitation excessive sur l'arbre 6 de la pompe et en cas de
5 fonctionnement normal des paliers magnétiques, ceux-ci maintiennent correctement en position axiale centrée le rotor 4, et les paliers mécaniques d'atterrissage 9 et 10 ne touchent pas l'arbre 6.

Dans le palier mécanique d'atterrissage 9, on distingue une bague de roulement de rotor 12, disposée à proximité et autour
10 de l'arbre 6 du rotor 4, et une bague coaxiale de roulement de stator 13 disposée au contact du stator 1. Les bagues de roulement de rotor 12 et de stator 13 définissent entre elles un logement de roulement 19. Des éléments roulants 14 tels que des billes, des aiguilles ou tout autre type d'éléments roulants connus, sont
15 disposés dans le logement de roulement 19 entre la bague de roulement de rotor 12 et la bague coaxiale de roulement de stator 13, pour constituer un roulement autorisant la rotation axiale relative des deux bagues de roulement 12 et 13.

On se référera maintenant à la figure 2, illustrant plus
20 en détail et à plus grande échelle un demi-palier mécanique d'atterrissage 9 en situation entre l'arbre 6 du rotor 4 et une portion correspondante du stator 1. On retrouve l'élément roulant 14 dans le logement de roulement 19 entre la bague de roulement de rotor 12 et la bague coaxiale de roulement de stator 13. L'élément
25 roulant 14 roule sur des pistes de roulement 20 et 21 respectives des bagues de roulement de rotor 12 et de stator 13. On retrouve également le palier magnétique radial 7 qui, en fonctionnement normal, assure le centrage de l'arbre 6 du rotor 4 dans le stator 1 en laissant libre un entrefer 15 annulaire définissant le
30 déplacement radial maximal de l'arbre 6 dans le stator 1. Dans les conditions habituelles, l'entrefer 15 peut être d'environ 0,2 à 0,4 mm par exemple. Le palier mécanique d'atterrissage 9 a pour but de limiter les possibilités de déplacement radial de l'arbre 6 du rotor 4 dans le stator 1 à une valeur nettement inférieure à cet
35 entrefer 15, pour éviter la dégradation des paliers magnétiques en cas d'atterrissage.

Entre la face annulaire intérieure 16 de la bague de roulement de rotor 12 et une première portée 17 correspondante de rotor 4, on prévoit un jeu radial 18 nettement inférieur à l'entrefer 15 mais seulement légèrement supérieur à la précision de
5 maintien normal centré du rotor 4 par le ou les paliers magnétiques radiaux 7. Cette précision de maintien normal centré du rotor 4 est généralement très bonne, inférieure à quelques microns.

La bague coaxiale de roulement de stator 13 est engagée et fortement freinée ou bloquée en rotation dans un logement frontal
10 du stator 1, entre un épaulement axial 22 et une couronne rapportée de fixation 23 tenue sur le stator 1 par des vis dont on distingue la tête 24.

Dans le mode de réalisation illustré sur les figures 3 et 4, le roulement d'atterrissage comprend des éléments roulants en
15 forme de bille sphérique. Les éléments roulants comprennent une succession alternée d'éléments roulants dont la surface externe est en acier et d'éléments roulants dont la surface externe est en céramique. Ainsi, à titre d'exemple, les éléments roulants 14a et 14c ont une surface externe en acier, tandis que les éléments
20 roulants 14b et 14d ont une surface externe en céramique.

Pour les éléments roulants 14a et 14c en acier, on peut avantageusement utiliser un acier inoxydable.

Pour les éléments roulants 14b et 14d en céramique, on peut avantageusement utiliser le nitrure de silicium.

25 Lors d'un atterrissage, les éléments roulants 14a-14d entrent en rotation, et les éléments roulants adjacents tels que les éléments 14a et 14b viennent en contact l'un de l'autre par une portion de leur surface périphérique, produisant un frottement. Grâce à l'alternance entre les éléments roulants en acier et les
30 éléments roulants en céramique, les frottements se produisent toujours entre deux éléments roulants réalisés en des matériaux différents, ce qui favorise le glissement et réduit ainsi les forces de frottement s'opposant à l'accélération rapide du roulement d'atterrissage.

35 Les pistes de roulement 20 et 21 (figure 2) peuvent être en acier inoxydable.

Par le fait que l'on utilise seulement un élément roulant sur deux en un matériau plus onéreux tel que la céramique, on limite le surcoût de production, en obtenant simultanément des avantages très importants sur la longévité du palier d'atterrissage et de la pompe à vide en général.

Un autre avantage résulte de la présence d'un certain nombre d'éléments roulants 14a, 14c en acier, bon conducteur de la chaleur, qui maintient une capacité de refroidissement suffisante du rotor. On prévoit pour cela que les éléments roulants 14a, 14c en acier restent au contact des pistes de roulement 20, 21 dans les conditions de température normales de fonctionnement.

En d'autres termes, dans ces conditions de température normales de fonctionnement, le diamètre des éléments roulants 14b, 14d en céramique doit de préférence être inférieur ou au plus égal au diamètre des éléments roulants 14a, 14c en acier.

Lors d'un atterrissage, le fonctionnement est le suivant : initialement, la bague de roulement de rotor 12 ne touche pas l'arbre 6 qui tourne à grande vitesse autour de son axe longitudinal I-I. A l'interruption de fonctionnement des paliers magnétiques radiaux tels que le palier 7, le rotor 4 peut se déplacer radialement selon le premier jeu radial 18 jusqu'à venir en contact de la bague de roulement de rotor 12 qui est initialement immobile et se trouve alors entraînée en rotation et entraîne également en rotation les éléments roulants 14. La bague coaxiale de roulement de stator 13 est bloquée ou au moins freinée en rotation dans le stator 1.

A cause de l'inertie et des frottements dans le roulement d'atterrissage, la bague de roulement de rotor 12 ne prend pas instantanément la vitesse de rotation élevée du rotor 4. Un frottement se produit donc entre la portée 17 du rotor 4 et la face annulaire intérieure correspondante 16 de la bague de roulement de rotor 12. Grâce à la réduction des frottements existant entre les éléments roulants 14 adjacents, on permet l'accélération rapide de la bague de roulement de rotor 12, et on réduit donc la durée du frottement entre la portée 17 de rotor 4 et la face annulaire intérieure 16 de la bague de roulement de rotor 12.

La présente invention n'est pas limitée aux modes de réalisation qui ont été explicitement décrits, mais elle en inclut les diverses variantes et généralisations qui sont à la portée de l'homme du métier. Notamment, les roulements d'atterrissage 9 et 10
5 peuvent être rendus solidaires du rotor 4, au lieu d'être solidaires du stator.

REVENDICATIONS

1 - Roulement d'atterrissage pour pompe à vide, comprenant :

- une bague de roulement de rotor (12) et une bague coaxiale de roulement de stator (13) qui définissent entre elles un logement de roulement (19),
- des éléments roulants (14a, 14b, 14c, 14d) logés les uns à la suite des autres dans le logement de roulement (19) et venant rouler sur des pistes de roulement (20, 21) respectives des bagues de roulement de rotor (12) et de stator (13),

caractérisé en ce que les éléments roulants comprennent une succession alternée d'éléments roulants (14a, 14c) dont la surface externe est en acier et d'éléments roulants (14b, 14d) dont la surface externe est en céramique.

- 2 - Roulement d'atterrissage selon la revendication 1 caractérisé en ce que les éléments roulants (14, 14a, 14b, 14c, 14d) sont des billes sphériques.

- 3 - Roulement d'atterrissage selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que les éléments roulants (14a, 14c) en acier sont constitués d'acier inoxydable.

- 4 - Roulement d'atterrissage selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les éléments roulants (14b, 14d) en céramique sont constitués de nitrure de silicium.

- 5 - Roulement d'atterrissage selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les pistes de roulement (20, 21) sont en acier inoxydable.

- 6 - Roulement d'atterrissage selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les éléments roulants (14b, 14d) en céramique ont un diamètre légèrement inférieur au diamètre des éléments roulants (14a, 14c) en acier dans les conditions de température normales de fonctionnement.

- 7 - Pompe à vide comprenant au moins un palier mécanique d'atterrissage (9) à roulement d'atterrissage selon l'une quelconque des revendications 1 à 6.

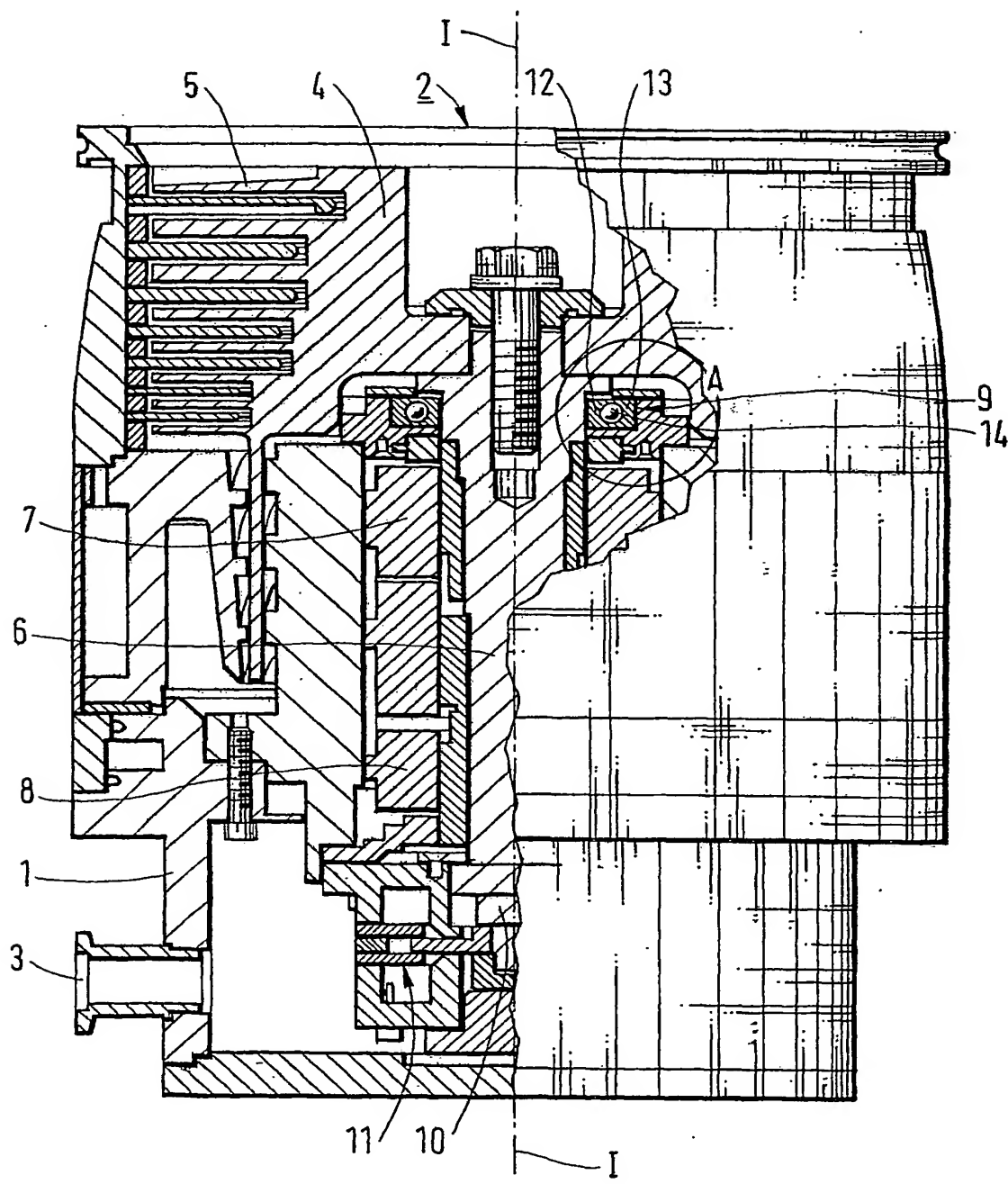
- 8 - Pompe à vide selon la revendication 7, comprenant un rotor (4) mobile en rotation dans un stator (1), avec au moins un palier magnétique radial (7) qui, en fonctionnement normal,

maintient en position radiale centrée le rotor (4) dans le stator (1), et avec au moins un palier mécanique d'atterrissage (9) à roulement d'atterrissage qui, à défaut de fonctionnement normal des paliers magnétiques radiaux (7), limite les déplacements radiaux du rotor (4) dans le stator (1) en assurant un centrage approximatif du rotor (4), un jeu radial (18) étant prévu entre l'une des bagues de roulement de rotor (12) ou de stator (13) et la portée (17) correspondante du rotor (4) ou du stator (1).

This Page Blank (uspto)

1/4

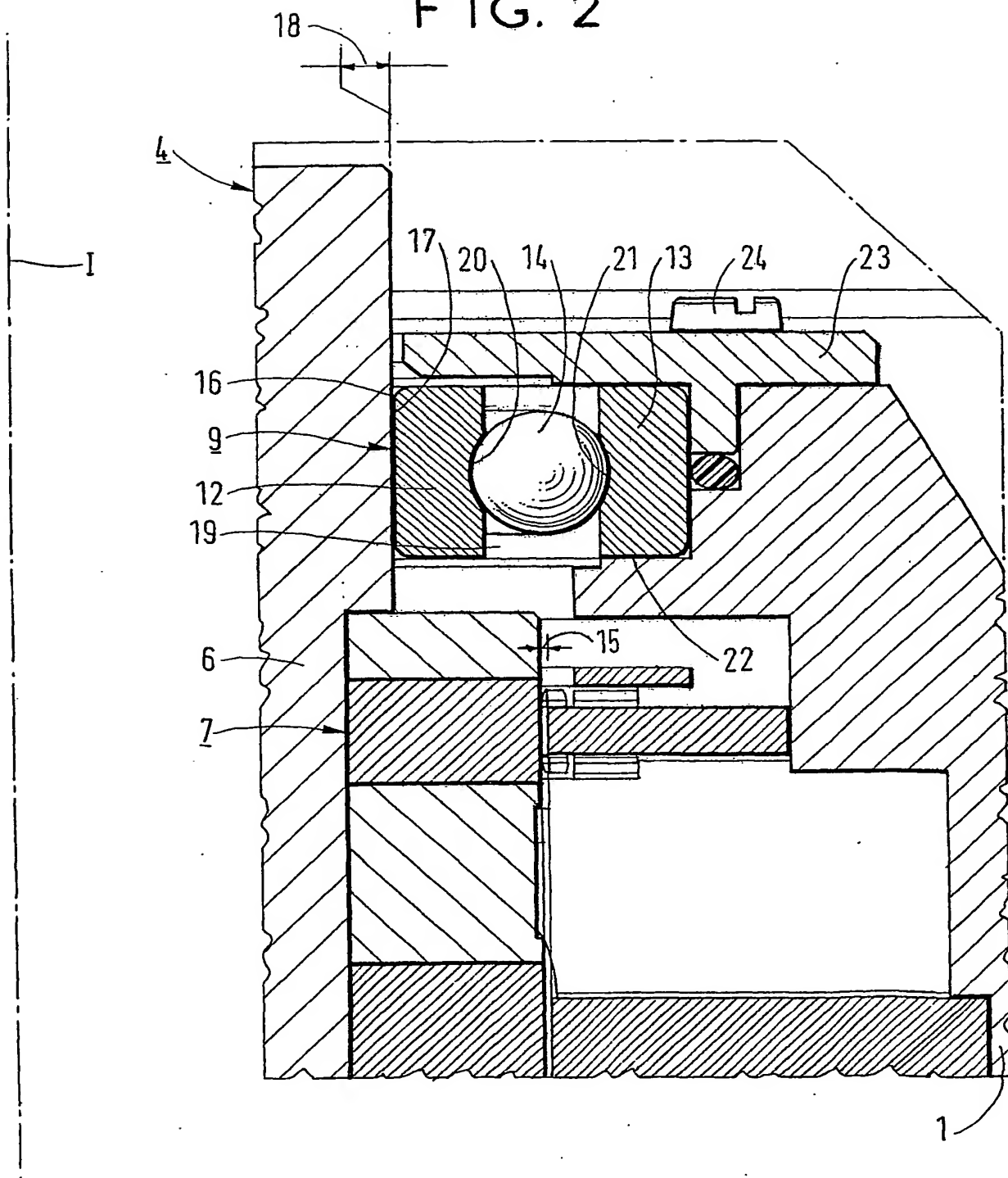
FIG. 1



This Page Blank (uspto)

2/4

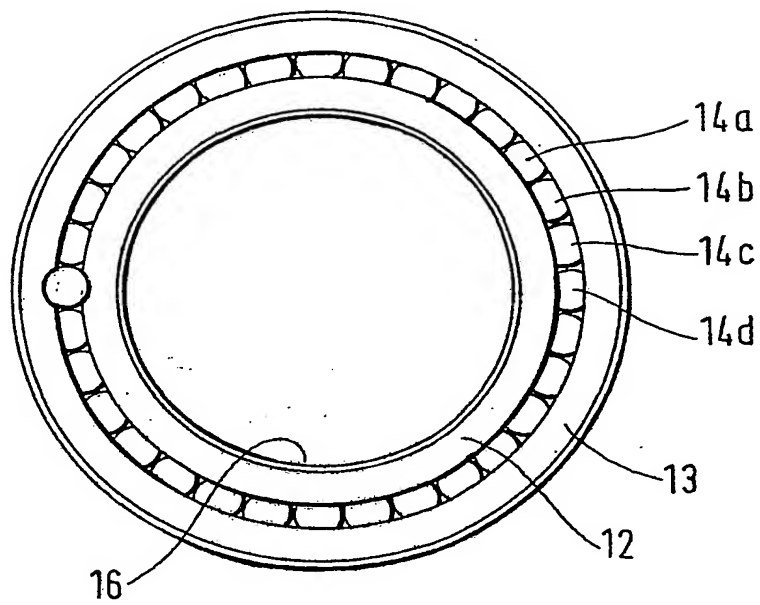
FIG. 2



This Page Blank (uspto)

3/4

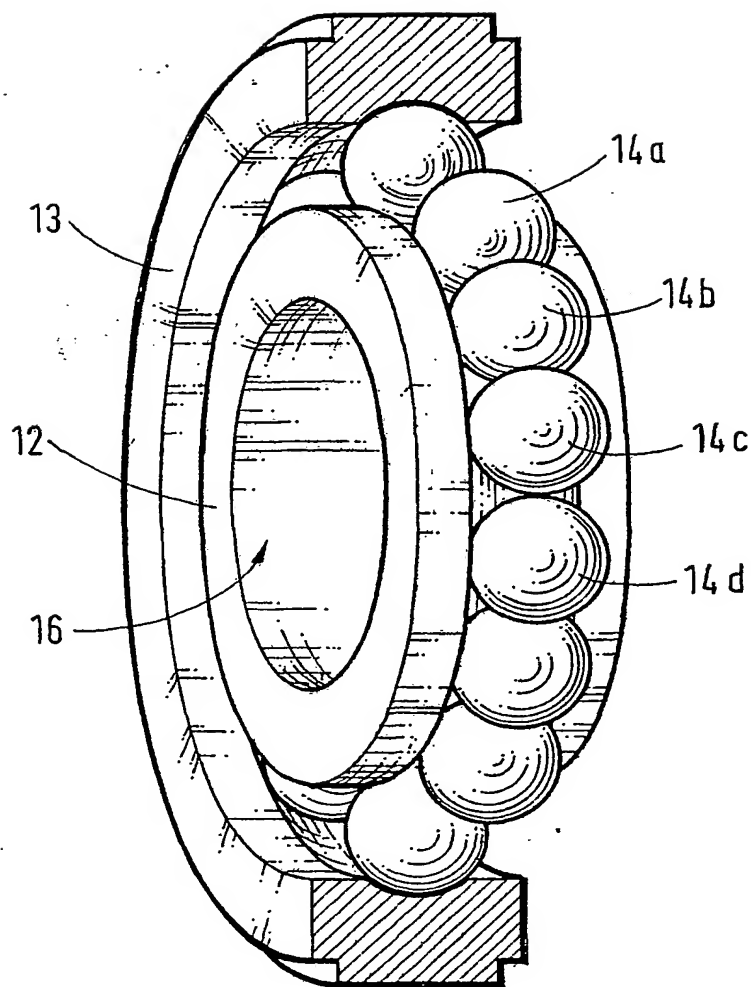
FIG. 3



This Page Blank (uspto)

4 / 4

FIG. 4



This Page Blank (uspto)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

National Application No.

PCT/FR 01/02151

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F16C33/32

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F16C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 197 29 450 A (FAG AIRCRAFT GMBH) 4 February 1999 (1999-02-04) the whole document	1-3, 5, 7, 8
X	FR 1 540 168 A (SOCIÉTÉ D'HORLOGERIE DE LANGENDORF) the whole document	1, 2, 6
A	EP 0 711 929 A (SKF ENG & RES CENTRE BV) 15 May 1996 (1996-05-15) column 2, line 33 -column 3, line 40; figure 1	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

8 document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 November 2001

Date of mailing of the international search report

14/11/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hoffmann, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

I. International Application No

PCT/FR 01/02151

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19729450	A	04-02-1999	DE 19729450 A1	04-02-1999
			JP 11117942 A	27-04-1999
FR 1540168	A		NONE	
EP 0711929	A	15-05-1996	NL 9401873 A	03-06-1996
			DE 69518488 D1	28-09-2000
			DE 69518488 T2	19-04-2001
			EP 0711929 A1	15-05-1996
			JP 8210358 A	20-08-1996
			US 6149311 A	21-11-2000

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

de Internationale No

PCT/FR 01/02151

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 F16C33/32

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 F16C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
WPI Data, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	DE 197 29 450 A (FAG AIRCRAFT GMBH) 4 février 1999 (1999-02-04) le document en entier	1-3, 5, 7, 8
X	FR 1 540 168 A (SOCIÉTÉ D'HORLOGERIE DE LANGENDORF) le document en entier	1, 2, 6
A	EP 0 711 929 A (SKF ENG & RES CENTRE BV) 15 mai 1996 (1996-05-15) colonne 2, ligne 33 - colonne 3, ligne 40; figure 1	1-5

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

A document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

E document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

L document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

O document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

P document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

& document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

7 novembre 2001

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

14/11/2001

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Hoffmann, M

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

International No

PCT/FR 01/02151

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 19729450	A	04-02-1999	DE 19729450 A1	04-02-1999
			JP 11117942 A	27-04-1999
FR 1540168	A		AUCUN	
EP 0711929	A	15-05-1996	NL 9401873 A	03-06-1996
			DE 69518488 D1	28-09-2000
			DE 69518488 T2	19-04-2001
			EP 0711929 A1	15-05-1996
			JP 8210358 A	20-08-1996
			US 6149311 A	21-11-2000